THESIS

WURZBURG

1888

F. Angell

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
24
19

DIE

SYMMETRIE IM FÜHLRAUM DER HAND.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGL. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

VORGELEGT VON

HEINRICH OSTERMANN

AUS BRAUNSCHWEIG.

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
MEDICAL CENTER
STANFORD, CALIF. 94305

WÜRZBURG

DRUCK DER STAHEL'SCHEN BUCHDRUCKEREI.

1888.

3783
W950

Referent: Herr Professor Dr. *Fick.*

Von *Mach* [1]) ist hervorgehoben worden, dass das menschliche Auge eine Symmetrieempfindung nur von solchen Gegenständen vermittelt, welche zur Medianebene des Körpers symmetrisch liegen. Weicht die Symmetrieebene in ihrer Lage bedeutend von der letztereu ab, so wird eine Symmetrie nicht mehr direct empfunden, sie kann dann nur durch Drehung der Objecte oder intellectuelle Operationen zum Bewusstsein gelangen. Insbesondere gilt dieses auch für Gegenstände, welche zu einer Horizontalebene symmetrisch liegen, wofür das bekannte Beispiel angeführt ist, dass die Symmetrie einer Landschaft zu ihrem Spiegelbilde im Wasser gar nicht empfunden wird.

Eine andere Art der Symmetrieempfindung, der sogenannten centrischen Symmetrie, tritt dann ein, wenn man einem Objecte dasselbe, jedoch aus der Lage des ursprünglichen um 180 Grad gedreht, hinzufügt. Bei so zu einander gelegenen Gegenständen schneiden sich die Verbindungslinien aller homologen Punkte in einem Centrum, welches sie zugleich halbirt. Auch in der Richtung der Tiefe, also zu einer auf der Medianen senkrechten Ebene symmetrisch gelegene Objecte rufen eine Symmetrieempfindung für das Auge nicht hervor. Diese Sätze gelten wie für ebene, so auch für räumliche Gebilde; wir beziehen uns hier jedoch nur auf erstere und werden auch die Symmetrie in der Richtung der Tiefe nicht zu berücksichtigen haben.

Nach den von *Loeb* [2]) über den Fühlraum der Hand angestellten Untersuchungen schien es von Interesse, auch die Symmetrieempfindung, welche rechte und linke Hand vermitteln, zu prüfen. Die dahingehenden Versuche bestanden darin, Versuchspersonen symmetrische Manipulationen in einer

---

[1]) Beiträge zur Analyse der Empfindungen.

[2]) Dr. *J. Loeb*, Untersuchungen über den Fühlraum der Hand. *Pflüger*'s Archiv, Bd. XLI.

in einer Frontalebene im Fühlraum ausführen zu lassen, welche durch den Kernpunkt bestimmt wird.

Als solcher wird hier nach *Loeb*'s Vorgange mit einer kleinen Modifikation derjenige Punkt bezeichnet, in dem sich bei gerader aufrechter Haltung des Körpers die Spitzen der Zeigefinger leicht berühren, wenn die Oberarme in Adduction, die Ellenbogengelenke im rechten Winkel flectirt und die Handflächen einander zugekehrt sind.

Es wurde demnach eine mit weissem Papier bespannte Tafel von Manneshöhe und entsprechender Breite vertical aufgestellt und die Versuchsperson hatte in der bezeichneten Haltung derselben frontal gegenüber zu treten, so dass die Zeigefingerspitzen das Papier berührten. Diese Stelle der Fühlebene wurde als Kernpunkt markirt. Die Verticale durch den Kernpunkt liegt in der Medianebene des Körpers und theilt die Fühlebene in eine linke und rechte Hälfte, deren jede vorzugsweise der entsprechenden Hand angehört; zur weiteren Orientirung lassen wir die Horizontale durch den Kernpunkt jede Hälfte in einen oberen und unteren Quadranten theilen.

Die Versuchsperson erhielt in jede Hand einen Blei- oder Farbstift, den sie möglichst kurz fasste, um mit den Fingerspitzen noch Fühlung mit der Tafelfläche zu haben und schloss dann, am Kernpunkt eingestellt, die Augen. Der Experimentator ergriff dann die eine Hand und führte sie zu einem Punkte, der, sonst beliebig gewählt, nur in soweit bestimmt war, als es sich um Prüfung verschiedener Symmetrieempfindungen handelte.

War die Hand dorthin geführt und mit dem Stifte aufgesetzt, so wurde die Versuchsperson veranlasst, mit der Bleistiftspitze der andern Hand den entsprechenden symmetrischen Punkt zu bestimmen, dann führte der Experimentator die erste Hand in willkürlicher Weise auf dem Papier, wobei die Versuchsperson die andere gleichzeitig der untersuchten Symmetrie gemäss zu bewegen hatte. Man erhielt auf diese Weise Figuren, welche die gemachten Bewegungen darstellten und gut vergleichen liessen. Es versteht sich von selbst, dass schon beim Aufsuchen des symmetrischen Punktes Abweichungen vorkamen, es wird jedoch Aufgabe des zweiten Theiles dieser Arbeit sein, die Reproduction eines zu einem gegebenen symmetrischen Punktes zu untersuchen. Hier berücksichtigen wir nur, inwieweit überhaupt eine Symmetrieempfindung im Fühlraum, speziell in

der bezeichneten Frontalebene des Kernpunkts existirt. Zunächst wurde das Verhalten beider Hände symmetrisch zur Medianebene geprüft, indem abwechselnd und nach einander linke oder rechte Hand der Versuchsperson passiv an einen beliebigen Punkt ihres unteren oder oberen Quadranten bewegt wurde, welcher im entsprechenden Quadranten der anderen Hand aufzusuchen war, von wo dann die symmetrischen langsamen Bewegungen dem oben Gesagten gemäss begannen. Es ergab sich bei diesen Versuchen Folgendes:

Die von der passiv bewegten Hand gezeichneten Figuren, theils Linien von wechselnder Richtung, theils rohe Umrisse von Gegenständen, z. B. eines Hauses, Kopfes, erscheinen sowohl der Lage zur Tafel, als auch der einzelnen Theile nach gut wiedergegeben, so dass sich die entsprechende Figur sofort symmetrisch heraushebt; nur weicht dieselbe in ihrer Gesammtausdehnung von der gegebenen ab, und ebenso ist die Proportion der einzelnen Theile häufig und in ganz unregelmässiger Weise gestört, wozu besonders die ungleiche Grössenreproduction der Strecken beiträgt, während die Richtungsunterschiede besser wiedergegeben werden. Besonders ist dieses bei solchen der Fall, welche sich einem rechten Winkel nähern und bei Linien verticaler und horizontaler Richtung. Indess stellte sich im Laufe der Versuche eine Erscheinung ein, die besonders bei der Wiedergabe solcher Bewegungen, die länger dauerten und sich durch Regellosigkeit auszeichneten, auftrat: es wurde plötzlich nicht mehr symmetrisch, sondern gleich gerichtet reproducirt, wie denn auch bei einfacheren Figuren stellenweise ein Schwanken zwischen symmetrischer und gleich gerichteter Innervation zu bemerken war, welch' letztere allerdings zu Gunsten jener überwunden wurde.

Bei diesen, wie allen anderen Versuchen, wurde sorgfältig Bedacht genommen, jede Ermüdung auszuschliessen. Die einzelnen Versuche nahmen eine sehr geringe Zeitdauer in Anspruch, zwischen denselben wurde stets eine genügende Pause eingeschaltet und an einem Tage nur eine mässige Zahl vorgenommen. Auch kann für die gedachte Erscheinung kaum in einer durch zu rasche Bewegung der geführten Hand veranlassten mangelhaften Perception der Grund gefunden werden, da sehr langsame und relativ rasche Bewegungen dasselbe zeigten.

Die nächste Untersuchung betraf die Wiedergabe von Bewegungen symmetrisch zu einer von der Verticalen des Kernpunkts stark abweichenden Ebene, speziell anknüpfend an das Verhalten der Symmetrieempfindung des Auges, zur Horizontalen, die sich am geeignetsten in der Höhe des Kernpunktes bot. Für jeden einzelnen Versuch wurde, um denselben möglichst einfach und leicht zu gestalten, ein Kernpunkt markirt und von diesem aus die Bewegungen begonnen. Es wurden so mit rechter oder linker Hand der Versuchsperson oberhalb oder unterhalb von der Horizontalen vom Kernpunkte aus sehr einfache Umrisse, z. B. eines Baumes passiv beschrieben, wobei sich die entgegengesetzte Hand symmetrisch zur Horizontalen zu bewegen hatte. Es zeigte sich jedoch hierbei mit grosser Deutlichkeit das Unvermögen, auch nur annähernd eine symmetrische Bewegung der freien Hand zu liefern. Höchstens wurden vom Kernpunkte ab verticale Anfangsbewegungen richtig symmetrisch reproducirt, die nächste Richtungsänderung liess die Versuchsperson stocken und nach vergeblichen unrichtigen Bewegungen endigte dieselbe stets mit der Erklärung, dass sie sich vollständig confus fühle oder ähnlich. Einer Versuchsperson gelang es, mit der Vorstellung sich vor der Tafel horizontal liegend zu befinden, wenigstens die gröbsten Anfangsfehler zu vermeiden, um jedoch ebenfalls bald auf dem Standpunkt vollständiger Unsicherheit anzukommen. Ein ähnliches negatives Resultat ergaben die Versuche über centrische Symmetrie.

Ist die passiv bewegte Hand der Versuchsperson auf einen Punkt der Fühlebene hingeführt und mit der Bleistiftspitze aufgesetzt, so hat die freie Hand den centrisch-symmetrischen Punkt, wenn der Kernpunkt das Centrum ist, in der Weise zu finden, dass sie sich in der gerade entgegengesetzten Richtung von diesem fortbewegt und in gleicher Entfernung davon Stellung sucht, von wo aus sie dann die passiven Bewegungen der ersten Hand auf der Tafelfläche centrisch-symmetrisch zu reproduciren hat. Wenn dies geschehen soll, müssen die Reproductionen stets die der ersten Hand entgegengesetzte Richtung verfolgen; gerade Strecken werden also stets entgegengesetzt parallel sein. Es ist zu bemerken, dass der Experimentator sich der Versuchsperson betreffs des Verständnisses ihrer Aufgabe versichert hatte. — Der Symmetriepunkt wurde leicht und sicher bestimmt; begannen dann aber die Bewegungen der geführten Hand, so

geschah die Reproduction sogleich stockend und unentschlossen, zum Theil noch richtig innervirend, theils in die gleichgerichtete Innervation gerathend, um dann in völlige Unsicherheit zu verfallen. Alle Bewegungen geschahen nie annähernd gleichzeitig, sondern wurden zögernd und häufig mit lauten Ueberlegungen ausgeführt, bis sie mit dem Geständniss des Unvermögens seitens der Versuchsperson endeten.

Es scheint sich demnach die Hand bezüglich symmetrisch gelegener Objekte ganz ähnlich zu verhalten wie das Auge: eine Symmetrie zur Medianebene wird lebhaft empfunden, eine Empfindung für die Symmetrie zur Horizontalen ist nicht vorhanden; dagegen erscheint bei unseren Versuchsbedingungen das Gefühl für centrische Symmetrie nicht entwickelt. Indess empfindet auch das Auge jedenfalls lebhafter lateral-, als centrisch-symmetrisch.

Unsere weitere Aufgabe wäre nun, zu untersuchen, in welcher Weise und mit welcher Sicherheit ein Punkt der Fühlebene unter verschiedenen Verhältnissen und Bedingungen symmetrisch reproducirt wird.

Meines Wissens existiren derartige Untersuchungen noch nicht.

M. Blix[1]) hat die Schärfe des Muskelsinnes untersucht, indem er Versuchspersonen Punkte, die sie mit offenen Augen auf einer Tafel markirt hatten, mit derselben Hand bei geschlossenen Augen reproduciren liess. In ähnlicher Weise experimentirend, haben *Bowditch* und *Southard*[2]) Gesicht und Gefühl verglichen. Auf beide Arbeiten zurückzukommen, werde ich weiter unten Gelegenheit haben.

Die hier angestellten Untersuchungen bestanden im Einzelnen sämmtlich darin, dass man eine Versuchsperson zu einem Punkte in der Fühlebene, wie dieselbe schon oben bestimmt wurde, den symmetrischen aufsuchen liess, wobei die eine Hand die Perception des ursprünglichen Punktes vermittelte und die andere die symmetrische Reproduction auszuführen hatte. Das Sehen war ausgeschlossen; nur bei einigen Versuchen war der

---

1) Ett enkelt faerfaringsaett att baestaemma muskelsinnets skaerpa. Upsala laekarefoeren Foerh. 1884. XIX. 2 S. 123, Referat im neurolog. Centralblatt 1884, No. 4.

2) Acomparison of sight and touch. Journal of Physiology Vol. III, No. 3.

Fühlraum der Hand, welche dem zu reproducirenden Punkte — derselbe wird in Folgendem als „markirter Punkt" bezeichnet — entspricht, dem Auge zugänglich gemacht. Wir bezeichnen den zum markirten Punkte symmetrischen als idealen Symmetriepunkt mit Beziehung auf die reproducirten Symmetriepunkte, welche natürlich mehr oder minder von demselben in ihrer Lage abweichen. Bei allen Versuchen wurde ein markirter Punkt 10mal reproducirt. Für je 10 derartige Reproductionen wurde die mittlere Abweichung vom idealen Symmetriepunkte einerseits der Richtung, andererseits der absoluten Grösse nach durch Messung und Rechnung bestimmt. Für den ersten Fall mass man die verticale und horizontale Distanz jeder Reproduction vom idealen Symmetriepunkte. Dabei wurden die Lothe von Punkten jenseits einer durch den idealen Symmetriepunkt gelegten Horizontalen resp. Verticalen als positiv, solche von Punkten diesseits als negativ gerechnet. Die 10 Horizontal- und die 10 Verticaldistanzen wurden für sich addirt und daraus die Mitte gezogen. Die so erhaltenen beiden Zahlen geben ein Bild von der Lage der reproducirten Punkte zum idealen Symmetriepunkt. Für den zweiten Fall wurden die einfachen Distanzen der 10 Reproductionen vom idealen Symmetriepunkte gemessen und ebenfalls daraus die Mitte genommen. Die Grösse dieser Zahl steht im umgekehrten Verhältniss zur Genauigkeit der Reproduction, sie gibt den mittleren Fehler. In den angefügten Tabellen, von denen jede einer Versuchstafel entspricht, sind diese Zahlen aufgeführt.

Zugleich wird die Lage der idealen Symmetriepunkte, ausgedrückt durch Vertical- und Horizontalentfernung vom Kernpunkt, angegeben. Weiteres wird sich besser bei Besprechung der einzelnen Versuchsreihen hinzufügen lassen, doch ist hier noch zu motiviren, wesshalb die Reproduction hauptsächlich die beiden oberen Quadranten des Fühlraumes resp. der Fühlebene betrifft. Die Einstellung der Versuchsperson vor der Tafel am Kernpunkt, wie oben beschrieben, bringt es mit sich, dass der Fühlraum des unteren Quadranten sowohl dadurch, dass der Körper der Versuchsperson hindert, als durch die Kürze des Fühlapparates, dessen Ansatzpunkte die hochgelegenen Schultern sind, ein ziemlich beschränkter wird. Indessen war es nicht thunlich, eine andere Haltung der Versuchsperson zu benutzen. Die hier gewählte mit natürlich herabhängenden Oberarmen und

im rechten Winkel dazu flectirten Unterarmen ist eine leicht zu bestimmende und lässt sich in derselben Weise wieder einnehmen, wenn sie verlassen wurde; zudem zeichnet sie sich vor allen durch Bequemlichkeit, gewiss für derartige Versuche ein Hauptfactor, aus. Eine Stellung z. B., deren Anwendung noch in Erwägung zu ziehen war, mit Einstellung an einem Kernpunkte in Schulterhöhe, verbot sich durch den dabei nöthigen Kraftaufwand. Ausserdem dürfte der Fühlraum, der den oberen Quadranten entspricht, die am häufigsten gemachten Bewegungen einschliessen. Es war deshalb nicht zweckmässig, auch in den unteren Quadranten viele und insbesondere weit vom Kernpunkt abliegende Punkte reproduciren zu lassen. Da grössere räumliche Ausdehnung der Manipulationen dem Hervortreten eventueller characteristischer Differenzen günstig ist, so sind die in Folgendem gegebenen Zahlenresultate lediglich aus den Versuchsreihen der oberen Quadranten erhalten; es werden jedoch, speziell für die centrische Symmetrie, auch die unteren Quadranten im Allgemeinen Berücksichtigung finden.

Wir beginnen mit den Versuchen über laterale Symmetrie. Das Verfahren in einem solchen, dessen Ergebnisse z. B. Tafel I darstellt, war folgendes:

Die Versuchsperson — es wurden deren drei benutzt, in Folgendem mit A., B. und C. bezeichnet — hier A., trat der vertical gestellten mit Papier bespannten Tafel gegenüber mit der Einstellung der Hände am Kernpunkt. Nachdem sie die Augen geschlossen, spannte der Experimentator einen dünnen Bindfaden, welcher an einem den Kernpunkt markirenden Stifte, wie er auf dem Reissbrett benutzt wird, befestigt war, zwischen diesem und einem markirten Punkt aus. Er hielt ihn dabei zwischen Daumen und Zeigefinger und setzte ersteren auf den markirten Punkt auf. Die Versuchsperson hatte nun, beide Hände gleichzeitig bewegend, mit der Zeigefingerspitze der einen auf dem Faden gleitend, diesen zu dem markirten Punkte hin zu verfolgen, während die andere bestrebt war, entsprechend auf dem Papier gleitend, die zur Verticalen durch den Kernpunkt symmetrische Richtung einzuschlagen. Wenn der Finger des Experimentators erreicht war, hörte die Bewegung beider Hände auf und die Stelle des reproducirenden Zeigefingers wurde mit Farbstift markirt. Die Zeigefinger der Versuchsperson suchten dann jedesmal den Kernpunkt wieder auf. Die Procedur

wurde 10mal wiederholt und nach geeigneter Pause zur Reproduction eines neuen Punktes von möglichst verschiedener Lage im anderen Quadranten geschritten. Ueberhaupt wurde bei allen Versuchen, um eine Nachwirkung der Reproduction des vorhergehenden Punktes zu vermeiden, vielfach gewechselt. Die Tafel anzusehen, war der Versuchsperson natürlich nicht gestattet. Columne 1 der Tafel gibt die Vertical-, C. 2 die Horizontalentfernung der idealen Symmetriepunkte vom Kernpunkt, C. 3 u. 4 die mittlere Abweichung der Reproductionen vom idealen Symmetriepunkte in verticaler und horizontaler Richtung, C. 5 den jedesmaligen mittleren Fehler. Ergebnisse von Versuchen derselben Art und mit derselben Versuchsperson zeigt Tafel V in den ersten Querreihen der zu jedem Punkt gehörigen Zahlen, ebenso Tafel VI; Tafel IV gehört der Versuchsperson B. an, doch betreffen gleichfalls nur die ersten Zahlenreihen diese Versuche. Danach ergeben sich bezüglich der Genauigkeit der Reproduction für diese Versuche ungefähr folgende durchschnittliche Fehler:

Versuchsperson	A.	Taf. I:	49,4	mm
„	A.	„ V:	48,6	„
„	A.	„ VI:	36,0	„
„	B.	„ IV:	50,2	„

Die wie beschrieben reproducirten Punkte der Tafel IV sind dann noch in modificirter Weise symmetrisch bestimmt worden. Wenn die Versuchsperson am Kernpunkt eingestellt war und die Augen geschlossen hatte, ergriff der Experimentator eine Hand derselben und führte sie frei zu einem markirten Punkte, auf dem er sie mit der Zeigefingerkuppe aufsetzte. Dann hatte die andere Hand der Versuchsperson, welche bis dahin an der Marke des Kernpunkts verblieben war, den Symmetriepunkt anzugeben. Alles andere ist den Versuchen erster Art entsprechend. Anfänglich geschah das Hinbewegen der Hand zum markirten Punkte auf Umwegen; da sich jedoch zeigte, dass das Verhalten der Reproduction unabhängig davon war, ob die Hand so oder direct hingeführt wurde, so wurde jenes Verfahren verlassen. Der Kürze wegen sei es uns gestattet, die Versuchsreihen erster Art als Symmetrie der Bewegung, die der zweiten als Symmetrie der Lage zu bezeichnen. Die Resultate eines Versuches, wie er zuletzt geschildert, enthalten die zweiten Zahlenreihen der Tafel IV, Versuchsperson B., gleiche Versuche betreffen

die Tafeln II und III, beide Versuchsperson A. angehörig. Die Versuche der zuletzt genannten Tafel sind nur noch dadurch unterschieden, dass der Kernpunkt allerdings zuerst durch Einstellung der Versuchsperson bestimmt wurde, dann aber diese auch die Unterarme zwanglos herabhängen liess; von dieser Haltung gingen die Manipulationen aus und es wurde auch zu derselben zurückgekehrt. Der Kernpunkt diente hier also nur als Marke für die Einstellung an der Tafel.

Die Tafeln über Lage geben folgende durchschnittliche Grösse für den mittleren Fehler:

Versuchsperson B. Taf. IV: 35,2 mm
„ A. „ II: 62,3 „
„ A. „ III: 78,8 „

Die Zahlen der zweiten Reihen von Tafel V, V. A. zeigen nochmals Versuche zur Bewegungssymmetrie, die sich jedoch von den anderen dadurch auszeichnen, dass dabei dem Gesichtssinn ein Einfluss eingeräumt wurde. Während die Versuchsperson sonst die Hand unter Leitung des Fadens zum markirten Punkt gleiten liess, wurde sie hier in den Stand gesetzt, denselben mit beiden Augen zu sehen und die entsprechende Hand mit dem Zeigefinger auf dem Papier unter Controle der Augen dorthin gleiten zu lassen. Die Fühlebene der anderen Hand war für das Sehen verdeckt. Es geschah dieses so, dass in der Medianlinie auf der Fühlebene senkrecht ein leichtes Brett befestigt wurde, das von oben nach unten bis zum Kernpunkt und von der Tafelebene bis in die Nähe des Gesichts der Versuchsperson reichte; an der vorderen Kante war im rechten Winkel dazu ein breiter Pappestreifen befestigt, der die Manipulationen der reproducirenden Hand dem Auge vollständig entzog, dieselben jedoch in keiner Weise hinderte. Bei dem geringen Dickendurchmesser des Brettes war die Marke des Kernpunkts für jeden Zeigefinger seitlich noch bequem fühlbar. Versuchsergebnisse dieser Art zeigt noch Tafel VI, V. A. in den Zahlen der zweiten Reihe, sowie Tafel VII, V. B. Es resultiren daraus für den mittleren Fehler die Durchschnittszahlen:

Versuchsperson A. Taf. V: 65,3 mm
„ A. „ VI: 56,6 „
„ B. „ VII: 71,9 „

Betrachten wir die sämmtlichen Resultate, so ergibt sich Folgendes:

Die mittleren Fehler aller symmetrischen Reproductionen bewegen sich in den ungefähren Grenzen von 49,4 bis 78,8 mm. Für Bewegung ist derselbe bei beiden Versuchspersonen ziemlich gleich, bezüglich der V. A. angehörigen Zahlen scheint eine Steigerung der Genauigkeit eingetreten zu sein. Wenn wir Lage und Bewegung von V. A. und B. vergleichen, so ergibt sich die interessante Thatsache, dass bei A. diese, bei B. jene die grössere Genauigkeit zeigt. Den grösten Fehler überhaupt weist A. auf: Tafel III. Die ihr zu Grunde liegenden Lagereproductionen ohne Benutzung des Kernpunktes zeigen im Betreff der Richtungsabweichung ein durchaus characteristisches Verhalten, wodurch der grosse absolute Fehler sofort deutlich erscheint. Die Grössen der Col. 3 und 4 sind im linken Quadranten fast alle negativ, während die des rechten Quadranten positive Werthe sind. Ausserdem findet sich die negative Abweichung des linken Qu. und die positive des rechten in besonders grossen Zahlen der horizontalen Richtung. Die Reproductionen liegen also links der Symmetrieebene zu nahe, rechts zu weit davon; es scheint danach hier dem symmetrisch functionirenden Muskelsinn die Symmetrieebene verschoben und zwar nach rechts von der Medianebene, eine Erscheinung, die durch Folgendes vielleicht bestätigt wird. Die Versuchsperson wurde veranlasst, an der Tafel den Kernpunkt bei geschlossenen Augen wiederholt mit der linken, ebenso mit der rechten, dann mit beiden Zeigefingerspitzen, also wie gewöhnlich, anzugeben. Die Kernpunktbestimmungen mit der linken Hand ergaben eine durchschnittliche Horizontaldistanz von der Medianlinie nach rechts von 6 mm, die mit der rechten Hand ausgeführten eine solche von 70 mm in derselben Richtung. Ein analoges Verhalten, kaum weniger ausgeprägt, zeigt die Tafel II derselben Versuchsperson, welche ebenfalls Lagereproductionen, aber vom Kernpunkt aus, darstellt. Allerdings bewegt sie sich nicht in so starken Grössen, der mittlere Fehler ist kleiner. Gewiss erscheint das jedesmalige Ausgehen der Hand vom Kernpunkt und Zurückkehren dahin als berichtigendes Moment.

Nehmen wir nun die entsprechenden Versuche von V. B. Tafel IV, zweite Reihe der einzelnen Punkte Col. 3 und 4, so finden wir auch hier ein asymmetrisches Verhalten von Rechts und Links. Die Grössen im rechten Quadranten sind im Allgemeinen ziemlich stark positiv vertical und horizontal, links zeigen

sich kleinere positive und negative Abweichungen. (Der letzte Punkt beider Quadranten muss wegen seiner besonderen Lage hier als Ausnahme angesehen werden.) Eine Asymmetrie ist also auch hier vorhanden, wenn auch nicht so stark und nicht von der korrespondirenden negativen Abweichung der linken Hand begleitet. Die Grössen für die Bewegungsreproduction derselben Tafel in den ersten Zahlenreihen zeigen die horizontalen positiven Abweichungen im rechten Qu. etwas deutlicher. Es ist nun sehr wohl möglich, dass eine so ausgesprochene Neigung zur Asymmetrie zwischen rechts und links, wie sie sich bei A. zeigt, durch den Modus der Bewegung am Faden, die dem Gefühl eine grössere Controle erlaubt, corrigirt werden kann, während bei einer geringen derartigen Neigung, wie bei B. ein solcher Einfluss noch nicht zum Ausdruck kommt. Von Bedeutung ist es aber jedenfalls, dass die Erscheinung, dass bei A. die Bewegungs-, bei B. die Lagereproductionen die genaueren sind, sich auch, was hier schon angeführt werden darf, bei den Versuchen über centrische Symmetrie findet. Die rechte Hand hat ferner bei A. sowohl, als bei B. durchschnittlich einen grösseren mittleren Fehler als die linke.

Derselbe ist:

Bewegung. V. A. Taf. I:
links: 48,9 mm
rechts: 49,7 „
Lage. V. A. Taf. II:
links: 56,1 mm
rechts: 68,0 „
Bewegung. V. B. Taf. IV:
links: 34,7 mm
rechts: 65,7 „
Lage. V. B. Taf. IV:
links: 28,0 mm
rechts: 34,3 „

Das Ausschlaggebende für diesen Unterschied findet sich in der starken positiven Horizontalabweichung im rechten Quadranten. Es ist demnach die rechte Hand an der Asymmetrie stärker betheiligt. Tafel III, V, VI, sämmtlich V. A. angehörend, zeigen jedoch diesen Unterschied des mittleren Fehlers nicht. Tafel III betragen die Grössen durchschnittlich:

links: 82,9, rechts: 74,6 mm.

Bei den Versuchen dieser Tafel — es ist diejenige, welcher Lagereproductionen ohne Benutzung des Kernpunktes zu Grunde liegen — mag die linke Hand sich dem stärkeren Impuls der Rechten mehr accommodirt haben, da dieselbe des in der Symmetrieebene liegenden Anhaltspunktes entbehrte. Infolgedessen wäre die stärkere asymmetrische Neigung der rechten Hand nicht zum Ausdruck gelangt.

Die Tafeln V und VI anlangend, wurde in den bezüglichen Versuchen der Einfluss des Sehens auf die Reproduction in der oben angegebenen Weise geprüft. Man könnte annehmen, dass die Genauigkeit der Reproduction bei der Unterstützung durch das Auge eine grössere werden müsse; dies ist indess nicht der Fall. Alle diese Reproductionen sind ungenauer als die unter Anwendung des Fadens erzielten. Der mittlere Fehler bei diesen letzteren betrug:

Taf. V: 48,6 mm
„ VI: 36,0 „

Bei jenen:

Taf. V: 65,3 mm
„ VI: 56,6 „

Dieses Verhältniss besteht auch, wie ein Blick auf die Tafel lehrt, zwischen den Fehlerzahlen der einzelnen Punkte. Tafel VII, V. B., mit Hilfe des Auges gemachte Reproductionen wiedergebend, zeigt ein gleiches Resultat mit der mittleren Fehlerzahl 71,9, welche alle Fehlergrössen derselben Versuchsperson bei Reproduction mittels Fadens übertrifft. Bei den Versuchen, die die Zahlen der dritten Reihe im linken Quadranten der Tafel VI wiedergeben (Ermüdung der Versuchsperson verhinderte die Fortsetzung) wurde die Reproduction mittels Fadens mit dem Sehen combinirt; es ist interessant, dass die danach berechneten Fehlerzahlen, abgesehen von Punkt 2, so ziemlich in der Mitte zwischen den anderen Fehlerzahlen derselben Punkte stehen. Den Unterschied der Fehlerwerthe von rechts und links anlangend, verhalten sich diese Tafeln anders als die übrigen. Derselbe ist auch bei der Reproduction mittels Fadens ausgeglichen oder sogar ein umgekehrter geworden. Die Zahlen sind im Durchschnitt:

Taf. V:
links, am Faden: 52,1 mm
rechts, „ „ 45,0 „

links, mit Sehen: 61,8 mm
rechts, „ „ 68,8 „

Taf. VI:

links, am Faden: 42,4 mm
rechts, „ „ 29,6 „
links, mit Sehen: 68,6 „
rechts, „ „ 52,8 „

Betrachten wir die Zahlen der Col. 3 und 4 dieser Tafeln, so zeigt sich der Grund für dieses Verhalten, sie geben ebenfalls ein dem sonstigen ganz unähnliches Resultat. Man möchte sagen, dass eine Berichtigung, und zwar eine übertriebene Berichtigung der Asymmetrie eingetreten ist. In Tafel V weist horizontal die linke Hand starke positive, die rechte starke negative, in Tafel VI die linke starke positive, die rechte kleine positive und negative Abweichungen auf. Es ist unzweifelhaft, dass ein Einfluss des Sehens auch auf die mit Faden angestellten Versuche stattgefunden hat; da diese mit denen der anderen Art abwechselten, scheint dieses nicht unerklärlich.

Es sei mir noch gestattet, hier die Versuche anzuschliessen, welche Tafel VIII darstellt. Es sind dieses solche zur Symmetrie der Bewegung, unter Leitung des Fadens, also nach der zuerst beschriebenen Art vorgenommene; die Versuchsperson C. war jedoch ein in der ophtalmologischen und in der neuropathologischen Klinik behandelter Kranker, bei dem Lähmung des rechten Abducens zu constatiren, eine weitere Diagnose jedoch nicht gestellt war. Der Kranke gab an, dass er beim Gehen häufig das Gefühl habe, nach rechts überzufallen, befand sich jedoch sonst wohl. Bei Ausführung der Versuche zeigte die linke Hand zunächst nichts Besonderes, rechts fiel jedoch sofort auf, dass die Hand sich ausserordentlich weit über den idealen Symmetriepunkt hinaus in horizontaler Richtung entfernte. Bei rascher Bewegung zeigte sich die Neigung, nach rechts überzufallen. Die Versuchsperson wurde desshalb bei einer Reihe von Reproductionen unter den Achseln unterstützt, was aber von keinem Einfluss auf den Versuch zu sein schien. Einige Male wurde über Müdigkeit des rechten Fusses geklagt. — Werfen wir nun einen Blick auf die Tafel, so fallen sofort die grossen Fehlerzahlen auf, besonders im rechten Quadranten. Im Durchschnitt ergeben dieselben 203,0 mm, mithin eine ca. dreifach kleinere Reproductionsgenauigkeit, als diejenige der beiden nor-

malen Versuchspersonen. Diese Grösse vertheilt sich so, dass der Fehler

links: 120,1 mm
rechts: 287,0 „

beträgt. In beiden Quadranten wird in der Höhe negativ. in der Horizontalen bedeutend positiv abweichend reproducirt. Während die Zahlen der Verticalabweichung keinen grossen Unterschied zeigen, ist die Horizontalabweichung rechts unverhältnissmässig gross.

Ich habe nun noch einiges über die Versuche zu sagen, welche die centrisch-symmetrische Reproduction von Punkten zum Gegenstand hatten. Die Resultate enthalten die Tafeln X, IX und XI.

Tafeln X und IX gehören der V. A. an und bezieht sich jene auf Lage, diese auf Bewegung; Tafel XI gibt Lage- und Bewegungsversuche über dieselben Punkte mit der V. B. Die ersten Zahlenreihen beziehen sich hier wieder auf Bewegung, die zweiten auf Lage. — Ist der Kernpunkt bestimmt, so liegt zu einem markirten Punkte der centrisch-symmetrische auf der Verlängerung der Verbindungslinie des markirten Punktes mit dem Kernpunkt über diesen hinaus in gleicher Entfernung. Die Versuche wurden hier mit denselben Mitteln angestellt, wie die lateral-symmetrischen. Für Bewegung spannte der Experimentator wiederum einen Faden von der Marke des Kernpunkts zum markirten Punkt. Die Versuchsperson hatte mit dem Zeigefinger der entsprechenden Hand ihn zu verfolgen und mit der anderen in genau entgegengesetzter Richtung eine gleiche Strecke auf der Tafel zurückzulegen. Für Lagebestimmung wurde die eine Hand vom Experimentator ebenfalls passiv zum markirten Punkte bewegt, mit dem Zeigefinger aufgesetzt u. s. w. Die Lage des idealen Symmetriepunktes wurde in den Tafeln wiederum nach der horizontalen und verticalen Entfernung vom Kernpunkte angegeben und die Reproductionen in ihren Abweichungen ebenso gemessen und berechnet wie oben. Die Anordnung der Tafeln ist also eine ganz gleiche.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass das Verhältniss von Lage und Bewegung bei V. A. u. B. auch hier im mittleren Fehler dasselbe ist; derselbe beträgt im Durchschnitt:

V. A. Taf. X. Lage: 123,4 mm
„ „ IX. Bew.: 92,6 „

V. B. Taf. XI. Lage: 64,5 mm
„ „ XI. Bew.: 143,6 „

Ein Vergleich dieser Werthe mit den aus den Versuchen über laterale Symmetrie erhaltenen ergibt sogleich, dass die centrisch-symmetrische Reproduction eine bedeutend ungenauere ist. Dort hatten die grössten Fehler betragen:

V. A. Lage: 62,3 mm
„ Bew.: 49,4 „
V. B. Lage: 35,2 „
„ Bew.: 50,2 „

Dass auch hier das Verhältniss von Lage und Bewegung beider Versuchspersonen bei der Grösse und dem Schwanken der Werthe erhalten bleibt, ist von Wichtigkeit. Sehen wir nach dem Ursprunge dieser grossen Fehlerwerthe, so finden wir denselben in den grossen positiven Zahlen der Col. 3 und 4 der zugehörigen Tabellen. Diese Werthe betreffen hauptsächlich die Abweichung in horizontaler Richtung und sind häufig dort besonders gross, wo die verticale Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt eine grosse geworden ist; dort ist also bei der Reproduction die Höhe zu Gunsten einer grösseren Horizontalentfernung vernachlässigt. Es ist also auch hier eine Asymmetrie, speziell eine Neigung der rechten Hand zu horizontaler Abweichung nach rechts vorhanden. Auf linke und rechte Hand vertheilt sich der mittlere Fehler folgendermassen im Durchschnitt:

Lage. V. A. Taf. IX: links: 59,2, rechts: 126,0 mm
V. B. „ XI:
Lage: links: 103,8, rechts: 125,2 mm
Bew.: „ 69,6, „ 217,7 „

Tafel X, V. A. Lage zeigt indess zwischen links und rechts keinen Unterschied, die Werthe sind hier:

Links: 125,8, rechts: 121,7 mm.

Es erübrigt nun noch, einiges über die unteren Quadranten hinzuzufügen, welche, wie die Tafeln zeigen, hier mehr Berücksichtigung durch Versuche gefunden haben. Dennoch sind aus schon genannten Gründen auch hier die Resultate aus den Reproductionen der oberen Quadranten entnommen. Wenn wir die Ergebnisse aus den unteren Quadranten hier mit denen der lateralen Symmetrie im unteren Qu. in Bezug auf den mittleren Fehler vergleichen, soweit die letzteren bei ihrer geringen Anzahl

dies zulassen, so zeigt sich, dass auch hier die Zahlen der lateralsymmetrischen Versuche von den centrisch-symmetrischen bedeutend übertroffen werden und auch in annähernd gleichem Verhältniss. Jene betrugen:

V. A. Taf. III. Lage: 39,7 mm
„ „ II. „ 42,7 „
„ „ I. Bew.: 60,3 „
V. B. „ VII. „ 44,1 „

Diese dagegen:

V. A. Taf. X. Lage: 54,1 mm
„ „ IX. Bew.: 76,7 „
V. B. „ XI. Lage: 100,0 „
„ „ XI. Bew.: 108,0 „

Weitere Detailfolgerungen können füglich nicht gezogen werden. Dass die Fehlerwerthe kleiner sind, als diejenigen der oberen Quadranten, hat seinen Grund vor Allem darin, dass grosse positive Abweichungen in den unteren Quadranten fast gar nicht vorkommen, insbesondere lässt sich für die Versuche der centrischen Symmetrie constatiren, dass eine Neigung besteht zu nahe dem Kernpunkt zu reproduciren, also im Allgemeinen zu negativer Abweichung, entsprechend den zu weit gelegenen Reproductionen im oberen Quadranten. Die Tafeln IX, X, XI, Col. 3 und 4 zeigen dieses deutlich. — Es war oben der Arbeiten von *M. Blix* und derjenigen von *Bowditch* und *Southard* Erwähnung geschehen. *Blix* hat über die Schärfe des Muskelsinns Versuche an Gesunden angestellt, welche im Einzelnen darin bestanden, dass eine Versuchsperson, vor einer verticalen Papiertafel stehend oder sitzend, die eine mit einem Bleistift bewaffnete Hand zu einer Marke auf der Tafel führte, unter Controle des Auges, ohne sich sonst zu bewegen. Dann hatte sie die Augen zu schliessen und sollte die Marke mit der Bleistiftspitze wieder zu treffen suchen. Es ergab dieses natürlich Fehlpunkte. Die Distanzen derselben von der Marke wurden gemessen und aus grösseren Reihen ein mittlerer Fehler berechnet. *B.* hat in diesen Versuchen als kleinste mittlere Fehlerzahl 11,5, als grösste 45,2 mm erhalten. *Bowditch* und *Southard* liessen in den hier zum Vergleich geeigneten Versuchen die Versuchsperson ein kleines Messingscheibchen, das einen erhabenen Mittelpunkt trug, auf eine Stelle einer horizontalen Papiertafel setzen, bei geschlossenen Augen. Dieselbe Hand hatte dann jedesmal, nachdem sie

zurückgezogen war, bei gleichfalls geschlossenen Augen sich zu bestreben, die Marke wieder zu treffen. Die dabei zum Ausdruck gelangenden Fehler wurden in entsprechender Weise berechnet und betrugen in den Versuchsreihen durchschnittlich von 17,3 bis 27,1 mm. Diese Versuche betreffen also die einfache Reproduction eines Punktes mit derselben Hand und ein Vergleich ihrer Fehlerwerthe mit denen symmetrischer Reproductionen, speziell lateral-symmetrischer, wie sie die Versuche dieser Arbeit enthalten, zeigt, dass letztere sich in viel höheren Grenzwerthen bewegen. Dieselben betrugen ja von 49,4 bis 78,8 mm. Wenn danach die symmetrische Reproduction die ungenauere ist, so wird das der Natur der Sache angemessen erscheinen. Bei jenen Versuchen war es derselbe Theil des motorischen Apparates, der Perception und Reproduction eines Punktes vermittelte, die Hand hatte dabei in ihrer Bewegung und Haltung sich nur zu wiederholen, während hier das Verhalten der einen Hand von der anderen gleichsam symmetrisch übersetzt werden muss. —

Zum Schluss sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. *Fick*, mit dessen gütiger Erlaubniss die geschilderten Versuche im physiologischen Institut ausgeführt wurden, sowie Herrn Dr. *Loeb* für Stellung des Themas und vielfache freundliche Unterstützung meinen aufrichtigen Dank zu sagen.

Tafel I.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt		Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt		Mittlere Abweichung etc.
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	absolut
Links oben	470,0	103,0	—20,9	61,2	65,0
	433,0	277,0	—54,3	16,7	59,4
	263,0	413,0	—36,1	—27,8	52,3
	250,0	213,0	—15,3	4,4	19,2
	173,0	303,0	—39,1	—27,2	48,7
	166,0	492,0	—35,1	—36,8	61,1
Rechts oben	407,0	317,0	50,2	—41,4	73,4
	283,0	218,0	—1,6	8,3	33,0
	257,0	409,0	34,8	—3,7	46,9
	140,0	317,0	38,8	—4,9	45,8
Links unten	189,0	205,0	7,4	—56,1	59,1
	102,0	272,0	7,5	—55,3	56,6
Rechts unten	276,0	161,0	—33,3	46,3	73,3
	159,0	231,0	—29,0	37,5	52,5

Tafel II.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt		Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt		Mittlere Abweichung etc.
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	absolut
Links oben	472,0	332,0	—18,0	—80,7	78,9
	203,0	361,0	—10,0	—39,6	44,9
	24,0	379,0	—39,0	—16,9	44,5
Rechts oben	457,0	221,0	—15,9	62,6	65,8
	259,0	321,0	—29,9	72,2	79,9
	257,0	133,0	6,5	58,7	59,6
	139,0	264,0	3,8	70,3	70,9
Links unten	187,0	349,0	18,7	—34,2	43,1
	145,0	118,0	1,6	—1,1	16,8
Rechts unten	162,0	339,0	31,8	23,0	45,5
	3,0	323,0	13,9	63,0	65,6

Tafel III.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt		Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt		Mittlere Abweichung etc.
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	absolut
Links oben	475,0	185,0	—23,0	—61,2	67,3
	346,0	357,0	—10,9	—83,6	85,5
	197,0	129,0	4,7	—55,2	55,4
	136,0	495,0	—15,0	—121,4	123,4
Rechts oben	444,0	184,0	16,8	93,2	95,4
	427,0	452,0	—18,9	68,3	59,4
	199,0	85,0	29,1	76,6	81,7
	140,0	340,0	—0,5	61,3	62,0
Links unten	196,0	81,0	—4,9	—21,9	25,9
	74,0	202,0	—9,2	—34,0	38,9
Rechts unten	80,0	138,0	—28,1	29,6	42,1

Tafel IV.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt vertical	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt horizontal	Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt vertical	Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt horizontal	Mittlere Abweichung etc. absolut
Links	448,0	177,0	—14,0	—3,0	19,4
			—3,0	14,0	19,6
	295,0	295,0	45,9	—1,3	51,5
			0,3	1,2	22,4
	170,0	197,0	3,9	17,1	22,2
			6,6	9,6	30,3
	144,0	320,0	22,9	14,7	35,4
			14,9	—4,1	29,7
	0,0	394,0	22,8	—38,0	45,0
			—8,3	32,5	38,0
Rechts	507.0	177,0	—10,8	83,7	85,5
			—12,5	45,5	48,7
	438,0	400,0	—31,5	53,3	64,7
			—	—	—
	230,0	345,0	—20,1	63,0	67,6
			32,1	19,4	40,5
	195,0	410,0	—30,2	65,0	73,0
			43,4	8,5	46,8
	9,0	384,0	6,3	31,7	37,8
			22,6	—34,0	41,2

Tafel V.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt vertical	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt horizontal	Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt vertical	Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt horizontal	Mittlere Abweichung etc. absolut
Links	440,0	144,0	−36,7	−2,4	42,1
			−23,5	48,7	56,6
	292,0	261,0	−34,8	28,6	46,0
			−58,5	50,3	77,7
	217,0	402,0	−61,9	−4,3	68,3
			−42,9	−12,6	51,1
Rechts	426,0	140,0	22,4	−12,0	26,5
			0,6	0,2	17,0
	287,0	472,0	60,9	−44,5	80,5
			22,9	−145,2	147,3
	247,0	272,0	29,7	4,1	28,3
			20,0	−36,1	42,6

Tafel VI.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt vertical	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt horizontal	Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt vertical	Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt horizontal	Mittlere Abweichung etc. absolut
Links	452,0	133,0	—16,5	27,9	34,6
			—27,6	113,3	116,7
			—23,1	53,0	58,1
	349,0	253,0	—33,8	7,4	39,9
			—29,0	59,1	66,2
			—56,2	57,9	81,0
	253,0	316,0	—39,1	—21,6	47,3
			—36,2	87,0	95,1
			—66,2	3,1	72,3
	154,0	279,0	—15,6	—43,5	47,8
			—36,3	71,2	79,8
			—50,0	24,9	58,6
Rechts	408,0	175,0	28,0	—15,6	38,6
			—11,7	73,9	75,4
	264,0	194,0	16,8	8,7	19,8
			10,2	54,4	55,5
	179,0	270,0	15,6	—8,5	24,0
			3,1	39,0	39,9
	106,0	264,0	34,4	0,7	36,3
			—13,9	36,4	40,6

Tafel VII.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt		Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt		Mittlere Abweichung etc.
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	absolut
Links oben	420,0	138,0	19,0	69,2	71,4
	309,0	309,0	11,1	25,4	47,9
	228,0	68,0	30,5	61,3	68,4
	145,0	305,0	—5,9	5,9	19,1
	26,0	307,0	13,9	0,6	48,1
Rechts oben	295,0	295,0	26,7	68,2	79,2
	228,0	125,0	54,4	80,4	99,8
	121,0	322,0	54,9	29,7	64,2
Links unten	218,0	294,0	—29,4	36,2	52,8
	166,0	113,0	—30,1	31,3	45,7
Rechts unten	160,0	359,0	11,0	0,7	36,1
	137,0	103,0	—3,3	18,1	30,4
	25,0	341,0	—23,0	28,4	47,7

Tafel VIII.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt		Mittlere Abweichung der Reproduktionen vom idealen Symmetriepunkt		Mittlere Abweichung etc.
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	absolut
Links oben	420,0	209,0	—107,8	113,7	166,2
	317,0	342,0	—81,3	51,5	104,6
	158,0	370,0	—69,0	10,7	89,5
Rechts oben	412,0	236,0	—68,1	363,5	376,4
	276,0	340,0	—62,3	244,0	253,2
	155,0	347,0	—20,6	228,6	231,5
	25,0	373,0	—80,7	184,8	204,4
Links unten	214,0	201,0	—51,0	—13,0	55,4
	22,0	402,0	—21,1	—54,5	60,1
Rechts unten	170,0	228,0	120,2	2,2	124,3

Tafel IX.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt		Mittlere Abweichung der Reproductionen vom idealen Symmetriepunkt		Mittlere Abweichung etc.
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	absolut
Links oben	366,0	110,0	—32,9	130,9	147,7
	321,0	57,0	52,4	57,4	85,6
	285,0	253,0	—31,4	—0,1	41,2
	206,0	261,0	7,8	13,5	27,9
	157,0	88,0	—1,9	13,4	19,7
	99,0	218,0	—37,2	47,1	62,8
	38,0	148,0	—18,0	—16,5	28,0
	7,0	276,0	—57,8	11,5	60,8
Rechts oben	373,0	210,0	—122,0	198,6	236,6
	292,0	65,0	90,9	108,5	143,5
	277,0	119,0	58,7	127,5	142,4
	249,0	352,0	—39,4	87,1	102,7
	246,0	168,0	—107,4	112,0	161,2
	120,0	278,0	—70,2	3,7	76,9
	110,0	70,0	—2,1	42,1	45,0
	56,0	116,0	—29,2	56,3	64,3
	76,0	168,0	0,0	65,9	72,5
Links unten	342,0	0,0	—95,8	—24,9	98,9
	269,0	235,0	—0,5	—124,8	127,0
	149,0	341,0	65,0	—49,5	95,6
	132,0	265,0	37,2	—90,8	114,9
Rechts unten	350,0	119,0	—83,6	—58,0	102,3
	342,0	0,0	—105,2	—10,0	106,4
	152,0	276,0	—4,6	—26,2	37,4
	102,0	155,0	16,0	7,0	22,0
	9,0	339,0	46,7	—85,3	75,0

Tafel X.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt. vertical	horizontal	Mittlere Abweichung der Reproductionen vom idealen Symmetriepunkt vertical	horizontal	Mittlere Abweichung etc. absolut
Links oben	310,0	81,0	18,0	145,9	147,3
	266,0	134,0	3,7	129,9	136,4
	229,0	298,0	—81,8	40,6	93,7
Rechts oben	316,0	20,0	4,8	112,4	113,1
	308,0	119,0	—67,6	147,4	164,1
	223,0	230,0	—82,0	20,1	87,9
	148,0	339,0	—58,1	5,6	62,3
Links unten	343,0	0,0	—109,5	—0,8	110,1
	236,0	193,0	27,9	—11,7	35,9
	120,0	235,0	63,7	—21,2	68,9
	10,0	285,0	3,3	65,2	58,3
Rechts unten	343,0	0,0	—63,8	29,5	73,1
	278,0	217,0	—73,7	—20,0	78,2
	141,0	241,0	—7,0	—34,0	36,2
	18,0	306,0	19,5	32,6	47,5

Tafel XI.

Quadrant der Fühlebene	Entfernung des idealen Symmetriepunktes vom Kernpunkt		Mittlere Abweichung der Reproductionen vom idealen Symmetriepunkt		Mittlere Abweichung etc.
	vertical	horizontal	vertical	horizontal	absolut
Links oben	237,0	141,0	—5,7	67,7	71,7
			129,6	33,6	134,2
	93,0	247,0	64,7	12,9	67,6
			68,4	17,0	73,4
	8,0	403,0	29,3	8,2	42,6
			—75,3	—58,2	99,8
Rechts oben	231,0	140,0	147,0	84,0	170,1
			48,0	26,5	56,5
	123,0	231,0	224,6	138,8	265,4
			132,4	58,7	193,9
Links unten	319,0	138,0	—213,3	29,5	206,9
			—180,3	—11,2	181,2
	204,0	57,0	—83,8	20,2	87,1
			—89,9	19,8	92,0
	154,0	223,0	—63,9	—84,4	102,0
			—77,4	—64,5	101,4
Rechts unten	317,0	161,0	—53,5	117,0	131,0
			—122,0	50,4	135,0
	204,0	55,0	—53,6	—1,8	54,0
			—2,3	31,4	40,0
	5,0	405,0	—55,2	36,9	70,0
			—22,0	33,0	43,6